

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許出願公告番号

特公平8-22516

(24) (44)公告日 平成 8 年(1996) 3 月 6 日

|                          |      |        |     |        |
|--------------------------|------|--------|-----|--------|
| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| B 2 5 J 17/00            | E    |        |     |        |

発明の数 1 (全 12 頁)

|             |                    |         |   |
|-------------|--------------------|---------|---|
| (21)出願番号    | 特願昭61-8760         | (71)出願人 | 999999999<br>帝人製機株式会社<br>大阪府大阪市西区江戸堀 1 丁目 9 番 1 号 |
| (22)出願日     | 昭和61年(1986) 1 月17日 | (72)発明者 | 松本 和幸<br>岐阜県大垣市絨野 5 - 125 - 10                    |
| (65)公開番号    | 特開昭62-4586         | (72)発明者 | 橋本 正孝<br>岐阜県不破郡垂井町府中1879                          |
| (43)公開日     | 昭和62年(1987) 1 月10日 | (72)発明者 | 岩田 満善<br>岐阜県不破郡垂井町岩手751-10                        |
| (31)優先権主張番号 | 特願昭60-7856         | (74)代理人 | 弁理士 野上 邦五郎  |
| (32)優先日     | 昭60(1985) 1 月18日   |         |   |
| (33)優先権主張国  | 日本 (J P)           |         |   |
| (31)優先権主張番号 | 特願昭60-53866        |         |   |
| (32)優先日     | 昭60(1985) 3 月18日   |         |   |
| (33)優先権主張国  | 日本 (J P)           |         |   |
| 審判番号        | 平6-15668           | 審判の合議体  |   |
|             |                    | 審判長     | 浜 勇   |
|             |                    | 審判官     | 西野 健二   |
|             |                    | 審判官     | 川本 真裕   |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 産業用ロボットの関節装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】ロボットの第 1 部材と、第 1 部材に回動自在に支持されたロボットの第 2 部材と、第 1 部材に一体的に取り付けられた電動モータの回転を減速して第 2 部材に伝達する減速装置と、を備えた産業ロボットの関節装置において、  
前記減速装置が、前記電動モータの回転を減速する前段回転伝導手段および前段回転伝導手段の出力回転を減速する後段回転伝導手段を有し、  
前記電動モータが、該電動モータ、前記減速装置および前記第 2 部材を含んで構成される駆動系の固有振動数に対応する回転数を通常制御域内に有し、  
前記後段回転伝導手段が、前記前段回転伝導手段の出力が入力されるカム軸、カム軸の回転により駆動される外歯歯車、および外歯歯車に噛み合う内歯歯車を有し、前

記カム軸の一回転当りに一定回数の実質トルク変動を生じ前記駆動系を実質的に加振する特性を有する遊星歯車装置によって構成され、  
前記前段回転伝導手段が、前記遊星歯車装置とは型式の異なる所定減速比の歯車装置によって構成され、  
該歯車装置の減速比が、該減速比に前記電動モータの通常制御域における毎秒当たりの最高回転数と前記カム軸の一回転当りにおける前記遊星歯車装置の実質トルク変動回数とを乗じた値が前記駆動系の固有振動数以下となるように、設定されていることを特徴とする産業ロボットの関節装置。  
【請求項 2】前記カム軸の一回転当りにおける前記遊星歯車装置の実質トルク変動回数が 1 であることを特徴とする特許請求範囲第 1 項記載の産業ロボットの関節装置。

(2)

3

【請求項3】前記カム軸の一回転当りにおける前記遊星歯車装置の実質トルク変動回数が複数であることを特徴とする特許請求範囲第1項記載の産業ロボットの関節装置。

【請求項4】前記前段回転伝導手段が、前記電動モータの出力軸に連結された太陽歯車、該太陽歯車に噛み合う遊星歯車、該遊星歯車に噛み合う環状内歯歯車、および前記遊星歯車の交点を前記カム軸に伝達する伝達部材を有する平行軸型歯車装置であることを特徴とする特許請求範囲第1項記載の産業ロボットの関節装置。

#### 【発明の詳細な説明】

(産業状の利用分野)

本発明は産業ロボットの関節装置に関する。

(従来の技術とその問題点)

産業ロボットにおいては、一般に、作業に適した出力トルクを得るため、アーム等の関節部の駆動系には、高速低トルクの電動サーボモータまたは電動パルスモータと、この出力を低速高トルクに変換する減速装置とを用いている。

また、そのような減速装置は、例えば、減速比1/120程度の大減速比を有していること、また、歯車間のガタ、すなわち、いわゆるバックラッシュが小さいこと、さらに、慣性を小さくするため軽量であること等が要求される。

このような要求を満たす従来の減速装置としては、例えば、特開昭59-175986号公報に開示されているような調和歯車装置（撓み噛み合い式の遊星歯車装置）および特開昭59-106744号公報に開示されているような偏心揺動型の遊星歯車装置がある。前者の減速比は一般に1/80～1/320程度であり、後者の減速比は一般に1/6～1/200程度である。また、前者は後者に比し減速比当りの外径、重量が小さく、かつ、ほとんどのロボットアームの関節部の駆動用減速装置として必要な減速比および機械的強度を満足している。したがって、ロボットアームの関節部駆動用減速装置のほとんどは調和歯車装置単体が適用され、まれに、調和歯車装置でも得られないほどの大減速比を必要とするもの、すなわち、小容量高速回転（例えば、出力が1000ワット以下で回転数が5000rpm）型のモータをロボットアームの駆動に用いる場合のように1/625程度の減速比を必要とするもの、については特開昭56-152594号公報に開示されているように調和歯車装置に前段減速装置を結合したものが用いられている。

しかしながら、上述した各減速装置をロボットの関節装置に用いた場合、減速装置に入力する電動モータ回転数が低い領域で減速装置とロボットアーム等とがねじり共振を起こすという問題点があった。共振現象としては、ロボットアームの関節部近傍にねじり振動が現れることが多く、その結果、ロボットアームの先端位置が定まらなくなり、ロボットによる作業のうち溶接、シーリング、組立等、一般に電動モータの低回転数領域で行わ

4

れる作業において、正確な作業軌跡を得られない等の問題が生じる。

このような問題点に対し、特開昭58-211881号公報には、発生した振動を打ち消すように電動モータの速度指令信号を変化させる電氣的制御方式が提案されている。しかしながら、このような方式においてはフィードバックゲインを大きくすると系が不安定となり、特に剛性の低いロボット駆動系においては、逆に発振し易くなるという問題を生じるため、ゲインを大きくできず、したがって、十分な振動打ち消し効果を得られない。また、特開昭59-175986号公報には高張力を与えたタイミングベルトで減速機を駆動し、該ベルトで振動を吸収する方式のものが提案されている。しかしながら、この方式においてはタイミングベルトが破断するという危険がある。また、特開昭59-115189号公報には減速機の主軸にばねとおもりから成る吸振器を取り付ける方式が提案されている。しかし、この方式においては遠心力により吸振器が破損したり、ロボットの負荷荷重に対応しておもり等を調整しなければならないという問題点がある。

(発明の目的)

そこで、本発明は、最も大きな振動がロボットに生じる時のポイントを、ロボットによる作業のうち溶接作業等のように正確な作業軌跡を要する作業の領域外にシフトできる産業ロボットの関節装置を提供することを目的とする。

(発明の構成)

特許請求の範囲第1項記載の発明は、ロボットの第1部材と、第1部材に回転自在に支持されたロボットの第2部材と、第1部材に一体的に取り付けられた電動モータの回転を減速して第2部材に伝達する減速装置と、を備えた産業ロボットの関節装置において、前記減速装置が、前記電動モータの回転数を減速する前段回転伝導手段および前段回転伝導手段の出力の回転数を減速する後段回転伝導手段を有し、前記電動モータが、該電動モータ、前記減速装置および前記第2部材を含んで構成される駆動系の固有振動数に対応する回転数を通常制御域内に有し、前記後段回転伝導手段が、前記前段回転伝導手段の出力が入力されるカム軸、カム軸の回転により駆動される外歯歯車、および外歯歯車に噛み合う内歯歯車を有し、前記カム軸の一回転当りに一定回数の実質トルク変動を生じ前記駆動系を実質的に加振する特性を有する遊星歯車装置によって構成され、前記前段回転伝導手段が、前記遊星歯車装置とは型式の異なる所定減速比の歯車装置によって構成され、該歯車装置の減速比が、該減速比に前記電動モータの通常制御域における毎秒当たりの最高回転数と前記カム軸の一回転当りにおける前記遊星歯車装置の実質トルク変動回数とを乗じた値が前記駆動系の固有振動数以下となるように、設定されていることを特徴としている。

特許請求の範囲第2項記載の発明は、第1項記載の構

(3)

5

成に加え、前記カム軸の一回転当りにおける遊星歯車装置の実質トルク変動回数が1であることを特徴としている。

特許請求の範囲第3項記載の発明は、第1項記載の構成に加え、前記カム軸の一回転当りにおける遊星歯車装置の実質トルク変動回数が複数であることを特徴としている。

特許請求の範囲第4項記載の発明は、第1項記載の構成に加え、前記前段回転伝導手段が、前記伝導モータの出力軸に連結された太陽歯車、該太陽歯車に噛み合う遊星歯車、該遊星歯車に噛み合う環状内歯車、および遊星歯車の公転を前記カム軸に伝達する伝達部材を有する平行軸型歯車装置であることを特徴としている。

(実施例)

発明者らは、ロボットアームの関節装置に用いる減速機のばね定数、固有ねじり振動数、トルク変動等と共振現象との関係につき種々研究を行った。

まず、回転ばね定数の高い減速機をロボットアームの関節装置に用いることによりロボットの駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ を格段に高めることが可能か否かについて試算した。しかし、減速機の中立位置付近の回転ばね定数は大きなものでもロボットアーム自体の回転ばね定数の1/10~1/5であるため、駆動系全体のばね定数を大して大きくできず、その結果、駆動系の固有ねじり振動数を大して大きくできない。したがって、既存の減速機によっては、固有ねじり振動数 $f_0$ を格段に高めることは不可能であるとの結論に達した。

そこで、発明者等は、振動発生の原因である減速機のトルク変動を無くすことを試みた。具体的には偏心揺動型の遊星歯車減速装置機を用い、トルク変動を阻止ないし減ずるよう、この減速装置の内歯車と外歯車の歯に高精度の仕上げ加工を施し、かつ、トルク変動が生じてもこれを吸収するよう、偏心入力軸の軸受部やトルク取出ピンの軸支部等に環状溝を設け、該溝にゴムリングを装着した。

しかしながら、このような対策を施しても実用域での共振を防ぐことはできず、しかも、共振が生じる時の電動モータ回転数は、そのような対策を施さない場合とほとんど同じであることがわかった。

このような実験結果から、一定の機構の減速機であれば、ほぼ一定のトルク変動特性、すなわちロボットの駆動系に対する加振周波数特性を有するとの推論が導かれた。また、斯かる推論から、ロボット駆動系に組み込む減速装置の機構を変更すれば、トルク変動特性が変わり、ロボットに共振が生じる時の電動モータ回転数を精密作業領域の外に置くことができるとの仮説の下に種々の実験を行った。

これらの実験の内容および結果については後述するが、これらの実験結果から仮説は実証された。

以下、本発明に係る産業ロボットの関節装置を図面に

6

基づいて説明する。第1図ないし第3図は本発明の第1実施例を示す図である。

まず、構成について説明する。第1図は本発明に係る産業ロボットの関節装置を用いたロボットの関節部の全体概略図である。1は電動モータであり、電動モータ1のフランジ2は減速装置3の筒体4に固定されている。筒体4は第1部材としての第1アーム5の先端部5aに固定されている。電動モータ1の出力の回転軸7は減速装置3の入力回転軸8に連結され、減速装置3の出力は軸10に伝達され、軸10は円筒体11を貫通して第2部材としての第2アーム12に固定されている。第2アーム12の端部の筒状体13と第1アーム5の先端部5aの下面から下方に突出する円筒型の突出体15との間には一対のベアリング16が介装され、第2アーム12は第1アーム5に回転自在に支持されている。突出体15の内周面と円筒体11の中央部の外周面との間には一対のベアリング17が介装されている。円筒体11の上部および下部の内面と軸10の間にはそれぞれ一対のベアリング18が介装されている。したがって、減速装置3は電動モータ1の回転数を減速してロボットの被駆動部すなわち第2アーム12を回転させる。また、電動モータ1、減速装置3、第2アーム12および第2アームに接続された負荷は駆動系を構成する。

減速装置3は第2図および第3図に示すように、電動モータ1の回転数を減速する前段回転伝導手段としての前段減速機20と、前段減速機20に連結され、回転数をさらに減速する後段回転伝導手段としての後段減速機21と、から構成されている。前段減速機20は平行軸型歯車装置である。後段減速機21は固定している内歯車28と内歯車28に噛み合う外歯車29と、外歯車29に係合して外歯車29を揺動回転させるカム軸としての入力クランク軸30と、を有する偏心揺動型の遊星歯車装置によって構成されている。また、内歯車28はピン歯31を用いたピン歯車で構成され、かつ外歯車29の歯数より1つだけ多い歯数を有している。また、前段減速機20は平歯歯車により構成されている。

前段減速機20を減速比 $i_1$ と後段減速機21の減速比 $i_2$ とは、電動モータ1の通常制御回転数（ロボットの通常作業時、例えば溶接ロボットに主作業たる溶接作業を行わせる時、のモータ回転数）の範囲内でロボットすなわち、第1アーム5および第2アーム12と、後段減速機21との共振が起きないように選択している。すなわち、電動モータ1の通常制御回転数領域あるいはロボットによる正確な作業軌跡を要する領域（溶接作業等を行う作業領域）では、前段減速機20の毎秒当たり最高回転数、すなわち、電動モータ1の毎秒当たり最高回転数に前段減速機20の減速比を乗じた値（その値に更に後述するクランク軸30の一回転当たりのトルク変動回数である1を乗じた値に相当する）が、電動モータ1、減速装置3、第2アーム12および第2アーム12に接続された負荷から構成される駆動系のねじり共振周波数（固有ねじり振動数

50

(4)

7

$f_0$ ) 以下になるよう、前段減速機20の減速比 $i_1$ を選択する。この実施例においては、電動モータ1の通常制御回転数が0～1000rpm、前段減速機20の減速比 $i_1$ が1/3および後段減速機21の減速比 $i_2$ は1/40であり、減速装置3の全体の減速比 $i$ は1/120になるよう選択されている。前記駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ は、共振ピーク点における電動モータ1の回転数、前段減速機20の減速比 $i_1$ および減速装置3に関して後述するトルク変動特性から逆算でき、この実施例においては約8.4Hzである。

前段減速機20の減速比 $i_1$ が1/5未満（分母が大きくなることを意味する。以下同じ）または後段減速機21の減速比 $i_2$ が1/25を越える（分母が小さくなることを意味する。以下同じ）と、前段減速機20に構造の簡単な平行軸歯車装置を採用して1/120の総減速比 $i$ を得ることは困難となるので、設計的に不利となる。また、後段減速機21の減速比 $i_2$ が1/60未満または前段減速機20の減速比 $i_1$ が1/2を越えて1/120の総減速比 $i$ を得る場合は、電動モータ1の通常制御域において、前段減速機20の毎秒当たり最高回転数が前記駆動系の固有ねじり振動数 $f$ 。

(8.4Hz) に近づきあるいはそれ以上となるので、共振を防止できる範囲が狭くなる。

次に、作用について説明する。

電動モータ1を0～1000rpmの通常回転数で回転させると、減速比 $i_1$ が1/3の前段減速機20の出力回転数は0～333rpmとなり、減速比 $i_2$ が1/40の後段減速機21の出力回転数は0～8.3rpmとなり、この範囲では大きな振動は生じない。電動モータ1の出力回転数が1500rpm近辺

(このときの前段減速機20の出力回転数は1500rpm×1/3=500rpm近辺、遊星歯車減速機21の出力回転数は1500rpm×1/3×1/40=12.5rpm近辺) で最大共振現象が生じ、この時の振動が最も大きい。このような共振現象が電動モータ1の通常制御回転数領域外で生じる理由は明らかではないが、実験結果から推定すると、そのような共振現象の主因となるトルク変動が前段減速機20ではなく後段減速機21に生じ、そのトルク変動が実施例のような偏心揺動型の遊星歯車装置では入力軸（クランク軸30）1回転あたりに1回（一定回数）を生じ、前記駆動系に対する加振作用をなすためと考えられる。

調和歯車装置（撓み噛合い式遊星歯車装置）の場合は、実験結果から推定すると、入力軸（ウェーブジェネレータ）の1回転あたりに2回（一定回数）のトルク変動が生じる。したがって、これに減速比1/3の前段減速機を取り付けると、電動モータの回転数が750rpm付近で750×1/3×2=500の毎分当たりトルク変動が生じ、駆動系の固有振動数 $f_0$ が上記実施例と同様8.4Hz（500振動/毎分）であるならば電動モータの回転数が実用域内である750rpm付近で共振が生じるものと考えられる。この場合、毎分当たり加振数がおおよそ500のときに共振が生じるのであるから、調和歯車減速機に減速比 $i_1$ =1/6程度の前段減速機を設けることにより共振時の電動モータ

8

の回転数を実用域外である1500rpmを中心とする付近にまで上げることができる。

なお、電動モータ1および前段減速機20の振動が駆動系の発振に影響をおよぼさないのは、これらの振動は小さいこと、後段減速機21を介することにより吸収されること等によるものと考えられる。

(実験例)

前述の実施例の減速装置のほかに次表の比較例1～3に示す減速装置について実施した振動測定試験について説明する。前述の実施例および比較例1、2の偏心揺動型の遊星歯車装置は、クランク軸および外歯歯車の揺動によるアンバランスを防いで振動の振幅を小さくするため、後述する第2～第3実施例同様に外歯歯車を2枚としこれらを180度の位相差をもって組み付けたもので、かつ、内歯歯車が外歯歯車の歯数より1つ多い歯数を有するものを用いた。また、調和歯車装置は内歯歯車が外歯歯車の歯数より2つ多い歯数を有するものを用いた。それぞれの減速装置の減速段数、減速比 $i_1$ 、 $i_2$ 、回転ばね定数 $K_1$ （第9図参照）および慣性モーメント $J$ は次表に示してある。

表

|   | 実施例            | 比較例1           | 比較例2   | 比較例3   |
|---|----------------|----------------|--------|--------|
| 減速装置の種類<br>(注1)   | 平歯車減速および遊星歯車減速 | 平歯車減速および遊星歯車減速 | 遊星歯車減速 | 調和歯車減速 |
| 減速段数  | 2段             | 2段             | 1段     | 1段     |
| 減速比 前段 $i_1$<br>後段 $i_2$                                  | 1/3<br>1/40    | 1/1.5<br>1/80  | 1/120  | 1/120  |
| 総減速比 $i$  | 1/120          | 1/120          | 1/120  | 1/120  |
| 回転ばね定数 $K_1$<br>( $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{分}$ )   | 37.5           | 37.5           | 22     | 17.4   |
| 慣性モーメント<br>$J$ ( $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{cm}$ ) | 2000           | 2000           | 2000   | 2000   |
| 共振ピーク点の<br>電動モータ回転<br>数(rpm)                              | 1500           | 750            | 500    | 250    |
| 第4図における<br>表示   | A              | B              | C      | D      |

注1：遊星歯車減速は偏心揺動型の遊星歯車装置を、平歯車減速は平歯車列からなる平行軸型減速装置を示す。

実験は第5図に示す全体構成図によって実施した。すなわち、電動サーボモータ51の出力軸51aに減速装置52を取付け、減速装置52の主力軸52aにロボットの被駆動部（第2アーム）の慣性モーメント $J$ に相当する慣性負荷としてフライホイール53が取付けられた。フライホイール側面53aの半径上の位置に、円周方向の加速度および振幅を測定できる圧電素子を利用した加速度ピックアップ

(5)

9

ップ54を取り付けた。この加速度ピックアップ54の出力はイジケータ56に連結されている。モータ51、減速装置52およびフライホイール53から成る駆動系の固有振動数 $f_0$ は約8.4Hzになるよう調整してある。電動モータの回転数を変化させて、その時のフライホイールの加速度の大きさを測定した。測定結果は第4図に示す。横軸は電動サーボモータ51の回転数であり、縦軸は加速度ピックアップ54で検出された円周方向の加速度（単位：G）を示す。

比較例1、比較例2および比較例3においては、共振のピークはそれぞれ、電動モータ51の回転数が、略750rpm、略500rpmおよび250rpmのときであり、電動モータ51の通常制御回転数0～1000rpmの範囲で最も大きな振動が生じている。しかしながら、本発明に係る減速装置を用いた実施例の場合には、電動モータの通常制御領域外である1500rpmを中心とする近傍で共振ピークが生じ、この時の振動が最も大きい。

また、実施例、比較例1、および比較例2の対比から、共振時における電動モータ51の回転数は前段減速機の減速比 $i_1$ に反比例していることが認められる。

次に本発明の第2実施例として、前述した第1実施例の減速装置3を改良した場合について第6図、第7図に基づいて説明する。なお、第1実施例と同一構成については、第1実施例と同一の符号を用いて説明する。

第6図、第7図において、40は第1図に示した電動モータ1によって駆動される減速装置であり、減速装置40は電動モータ1の回転軸7に連結された平行軸型の前段減速機20と、この前段減速機20に連結された後段の遊星歯車装置21と、から構成されている。

電動モータ1の回転軸7の先端部7aはテーパ軸であり、先端にねじ部7bを有する。ねじ部7bにはモータ出力軸の一部を構成する連絡軸7cが螺合されている。8は入力回転軸であり、入力回転軸8は先端部8aに前段減速機20のピニオン22を設けると共に、基部にモータ回転軸7を貫通させる孔8bを有し、且つ孔8bに回転軸7のテーパ部と係合するテーパ孔部を有している。入力回転軸8は電動モータ1の回転軸7の先端部7aにナット23によりねじ止めされる。回転軸7の先端部7aは入力回転軸8に半月キー24により固定されている。このような構成により入力回転軸8の先端部8aの軸径はモータ回転軸7の軸径より小さくすることができ、したがって、ピニオン22の歯数はモータ回転軸7に歯車を直接装着させる場合に比べ、少なくすることができ、容量の割に回転軸径の大きい市販電動モータ1を用いる場合であっても、所要の前段減速比を得ることができる。ピニオン22に噛み合う3個の平歯車25は、後述する3本の入力クランク軸30にそれぞれ結合している。

遊星歯車装置21は筒体4に固定して設けられた内歯歯車28と、内歯歯車28に噛み合う一対の外歯歯車29と、外歯歯車29に嵌合して外歯歯車29を揺動回転させるカム軸

10

としての3本の入力クランク軸30と、から構成されている。また、内歯歯車28はピン歯31を用いたピン歯車で構成され、かつ外歯歯車29の歯数より1つだけ多い歯数を有している。33は円板部であり、円板部33は遊星歯車装置21の前端部を構成し、かつ、入力クランク軸30を円周上に等配してベアリング34を介して軸支している。35はブロック体であり、ブロック体35はその中心部に軸方向の円筒状孔36を有し、入力回転軸8が遊嵌されている。同様に外歯歯車29および円板部33の中心部にも孔が設けられている。ブロック体35はその後端部35aの凹み36を有し、軸10のフランジ部39に対向している。凹み36とフランジ部39とによって形成された空洞内には、前段減速機20が収納されている。ブロック体35には入力クランク軸30を円周上に等配しベアリング41を介して軸支している。入力クランク軸30の延在部30aは凹み36内に突出し、平歯車25に固定されている。

入力クランク軸30は円板部33とブロック体35の円周上に軸支され、入力クランク軸30の中央には180°の位相差をもつ一対のクランク部42を有し、各クランク部42はベアリング43を介して外歯歯車29を偏心揺動させるようにしている。ここで、前述した円板部33と、ブロック体35とは支持体44を構成する。円板部33、ブロック体35およびフランジ部39は複数のボルト46および固定ナット47により互いに固定されている。

電動モータ1の回転は回転軸7および入力回転軸8を介して前段減速機20をピニオン22に伝達され、前段減速機20で減速される。前段減速機20の出力は平歯車25により後段減速機21のクランク軸30に入力される。次いで、クランク軸30の回転により偏心揺動させられる外歯歯車29と、この外歯歯車29と噛み合う内歯歯車28とによりさらに減速され、外歯歯車29のゆっくりした自転運動はキャリアとして作用する支持体44から軸10に伝達されアーム12が回転される。

本実施例においては、電動アーム1の通常制御回転数0～1000rpm、前段減速機20の減速比 $i_1$ は1/3、遊星歯車装置21の減速比 $i_2$ は1/40、減速装置3の総減速比 $i$ は1/120、電動モータ1、減速装置3および第2アーム12を含んで構成される駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ は約8.4Hzである。したがって、電動モータ1は産業ロボットの駆動径の固有ねじり振動数に対応する回転数（8.4Hzに相当する500rpm）を通常制御域（0～1000rpm）内に有している。また、前段減速機20は電動モータ1の通常制御域における毎秒最高回転数（1000rpmに相当する毎秒16.7回転）を、駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ 以下に成るよう（毎秒5.6回転）に減速する減速比 $i_1$ （1/3）を有している。

減速装置40の回転ばね定数 $K_1$ は約37.5kg・m/分である。この実施例の場合の作用および振動特性は、前述の第1実施例と同様になる。

次に、本発明の第3実施例を図面に基づいて説明す

(6)

11

る。

第8図において、60は減速装置である。減速装置60は電動モータ1、前段減速機20および遊星歯車装置21が軸方向に順次配設され、電動モータ1の回転軸7には入力軸8が取着されている。入力回転軸8のモータ1側端には前段減速機20の入力歯車22が一体に設けられ、その中間には大歯車61aと小歯車61bを有する第1のアイドルギヤ61が回転自在に支持されている。遊星歯車装置21のクランク軸30の一端はモータ1側に突出した延在部30aを有する。延在部30aのモータ1側端には第2のアイドルギヤ62が回転自在に支持され、その中間には前段減速機20の出力歯車25が固着されている。第2のアイドルギヤ62は入力歯車22と噛み合いこれより歯数の多い大歯部62aおよび第1アイドルギヤ61の大歯部61aと噛み合いこれにより歯数の少ない小歯部62bを有する。出力歯車25は第1アイドルギヤ61の小歯部61bと噛み合いこれより多い歯数を有する。入力回転軸8、入力歯車22、出力歯車25、延在部30a、および第1、第2のアイドルギヤ61、62は前段減速機20としての平行軸減速機を構成する。アイドルギヤ61、62を入れることにより、容量の割に回転軸径の大きい市販電動モータ1を用いる場合であっても、所定の減速比 $i_1$ を得ることができる。他の構成および作用は前述した第1および第2の実施例と同じであるので、該実施例の説明に用いた符号を第8図に付け、その説明を省略する。

次に、第9図に示す産業ロボット65に用いた本発明に係る産業ロボットに関節装置の実施例を図面を用いて説明する。

第9図において、産業ロボット65は第1関節66と、第1関節66に連結する第2関節67と、第2関節67に連結する第1アーム83および第2アーム68とから構成されている。第1関節66は支柱71の上側の旋回盤73を矢印P方向に回動し、第2関節67は旋回盤73に固定されたブラケット81の上側の第1アーム83を矢印Q方向に回動し、第2アーム68の先端部68aの3次元移動を可能にする。

第10図は本発明の第4実施例を示す図であり、前述の第3実施例と同一構成については、同一符号を用いて説明する。

第10図において、70は減速装置であり、減速装置70は、第9図に示す産業ロボットの第1関節66において、第1部材としての筒状の支柱71の内側に内装されている。減速装置70は電動モータ1に連結された平行軸型の前段減速機20と、この前段減速機20に連結された後段の遊星歯車装置21とから構成されている。

電動モータ1のフランジ2は、筒体4を介して支柱71にボルト4bを用いて固定されている。電動モータ1の上側のほぼ垂直な回転軸7は前段減速機20のピニオン22に固定され、ピニオン22に噛み合う3個の平歯車25は、後述する3本の入力クランク軸30の延在部30aにそれぞれ固定されている。遊星歯車装置21は前段減速機20の上側

12

に配置され、筒体4に固定して設けられた内歯歯車28と、内歯歯車28に噛み合う一対の外歯歯車29a、29b（以下、添字をつけない29で代表する）と、外歯歯車29に嵌合して外歯歯車29を揺動回転させるカム軸として3本の入力クランク軸30と、から構成されている。入力クランク軸30は遊星歯車装置21の下端部を構成する円板部33にベアリング34を介して軸支され、遊星歯車装置21の上端部および外歯歯車29の円周上に等配して設けられた貫通孔を挿通したブロック体35にベアリング41を介して軸支されている。ブロック体35と円板部33とは円周上に等配された3つのボルト46により一体的となり、支持体（キャリア）44を構成し、支柱71の上側に設けられた第2部材としての円筒状体の旋回盤73の底部73aに固定されている。底部73aと支柱71の上部71aとの間にはベアリング74が設けられ、支持体（キャリア）44の自転に伴い、旋回盤73は回転する。前述以外の構成、作用および振動特性は第3実施例と同じであり省略する。

第11図は本発明の第5実施例を示す図であり、前述の第3実施例と同一構成については、同一符号を用いて説明する。

第11図において、80は減速装置であり、減速装置80は第9図に示す産業ロボットの第2関節67に用いたものである。第1部材としての箱型のブラット81は前述の第1関節66の旋回盤73の上側に一体的に固定されている。減速装置80は電動モータ1に連結された平行軸型の前段減速機20とこの前段減速機20に連結された後段の遊星歯車装置21とから構成されている。電動モータ1のフランジ2はブラケット81にボルト4bを用いて固定され、電動モータ1の回転軸7は前段減速機20のピニオン22に固定され、ピニオン22に噛み合う3個の平歯車25は後述する3本の入力クランク軸30の延在部30aにそれぞれ固定されている。遊星歯車装置21の入力クランク軸30の前端部はベアリング41を介してブロック体35に軸支され、その後端部はベアリング34を介して円板部33に軸支されている。ブロック体35と円板部33はボルト46で一体的に固定されて支持体44を構成し、さらにボルト82によりブラケット81に固定されている。遊星歯車減速機21の内歯歯車28は支持体44の外周部にベアリング84を介して回動自在に支持されている。内歯歯車28は、第2部材としての第1アーム83の端部83aに一体的に固定されている。

電動モータ1の回転は回転軸7を介して前段減速機20のピニオン22に伝達され、前段減速機20で減速される。前段減速機20の出力は平歯車25により遊星歯車装置21の入力クランク軸30に入力される。次いで、入力クランク軸30の回転により偏心揺動させられる一対の外歯歯車29a、29b（以下、29で代表する。）と、この外歯歯車29と噛み合う内歯歯車28とによりさらに減速され、内歯歯車28のゆっくりした自転は第2アーム83を回動させる。前述以外の構成、作用および振動特性は第3実施例と同じであり、同じ符号をつけて説明を省略する。



(7)

13

第12図は本発明の第6実施例を示す図であり、これは、前述の第5実施例の構成の一部を変更したものであり、第5実施例と同一の構成には同一の符号をつけて説明する。

第12図において、90は減速装置であり、減速装置90は、第5実施例と同様に、第9図に示す、産業ロボットの第2関節67に用いたものである。

第6実施例では、減速装置90は電動モータ1に連結された前段減速機20と前段減速機20に連結された後段の遊星歯車装置21とから構成されている。電動モータ1の出力軸の回転軸7は前段減速機20の太陽歯車91に連結され、太陽歯車91に噛み合う円周上に等配された3個の遊星歯車92は、ブロック体35の前端部から前方に連結された円筒部35aの内側に設けられた内歯歯車93とも噛み合い遊星運動する。遊星歯車減速機21の偏心入力軸としての入力クランク軸30は回転軸7の軸線と同一軸線上でブロック体35の軸芯上に配置され、入力クランク軸30の延在部30aはベアリング94を介してブロック体35に軸支されている。延在部30aの前端部にはフランジ部95が設けられ、フランジ部95の周辺に設けられた孔96に前段減速機20の遊星歯車92の軸92aが嵌合する。入力クランク軸30の後端部は、円板部33にベアリング98を介して軸支されている。ブロック体35および円板部33はボルト82によりブラケット81に一体的に固定されている。

電動モータ1の回転は回転軸7を介して太陽歯車91に伝達され、太陽歯車91の自転運動に伴い、遊星歯車92は、太陽歯車91と内歯歯車93との間を減速されて遊星運動する。遊星歯車92の遊星運動の中公転運動はフランジ部95を介して入力クランク軸30に伝達される。

前述以外の構成、作用および振動特性は第5実施例と同じであり、同じ符号をつけて説明を省略する。

なお、後段回転伝導手段に偏心揺動型遊星歯車装置を用いた場合においては、前段減速機の減速比は電動モータの毎秒当たり最高回転数を駆動系の固有振動数より若干小さな値に減じる減速比であることが好ましい。例えば駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ が5～9Hzの場合であって、電動モータの最高回転数が1000rpm、総減速比 $i$ が1/60～1/320のときは前段の最小減速比 $i_1$ を約1/1.9～約1/6、後段の減速比 $i_2$ を1/25～1/60とするのが好ましい。また駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ が5～9Hzの場合であって、電動モータの回転数が最高2000rpm、総減速比 $i$ が1/110～1/320のときは、前段の最小減速比 $i_1$ を約1/3.7～約1/6.7、後段減速比 $i_2$ を約1/25～約1/60とするのが好ましい。同様（ $f_0=5\sim 9\text{Hz}$ ）の場合であって電動モータ回転数が最高4000rpm、総減速比 $i$ が1/210～1/640のときは、前段が最小減速比 $i_1$ を約1/7.4～約1/13.3、後段減速比 $i_2$ を約1/30～約1/60とするのが好ましい。また、駆動系の固有ねじり振動数 $f_0$ が10～15Hzの場合であって、電動モータの最高回転数が1000rpm、総減速比 $i$ が1/80～1/300のときは前段の最小減速比 $i_1$ を1/1.5～1/

14

4、後段の減速比 $i_2$ を1/25～1/60とするのが好ましい。同様（ $f_0=10\sim 15\text{Hz}$ ）の場合であって、電動モータの最高回転数が4000rpm、総減速比が1/125～1/600のときは、前段の減速比 $i_1$ を約1/4.5～約1/10、後段の減速比 $i_2$ を約1/30～約1/100とするのが好ましい。

（発明の効果）

以上説明したように、本発明によれば、内歯歯車、内歯歯車に噛み合う外歯歯車および該外歯歯車に係合してこれを駆動するカム軸を有する遊星歯車装置（後段回転伝導手段）にこれとは異なる型式の前段回転伝導手段を電動モータの通常制御域における毎秒当たりの最高回転数と、前段回転伝導手段を構成する歯車装置の減速比と、カム軸の一回転当りにおける遊星歯車装置の実質トルク変動回数（遊星歯車装置の実質加振数に相当する）とを乗じた値が、前記駆動系の固有振動数以下となるようにしているので、最大共振現象を生じるポイント、若しくは最も大きな振動の生じるポイントが電動モータの通常制御回転数領域の外にシフトする。従って、ロボットによる作業のうち溶接作業等のように電動モータの通常制御回転数領域で行われる作業を正確な作業軌跡により行うことができ、ロボットの作業効率が向上する。

また、駆動系の固有振動数、遊星歯車装置（後段回転伝導手段）の実質加振数、および前段回転電動手段の減速比から最大振動を生じる時の電動モータ回転数を予め計算できるので、ロボットの動作プログラム等の設計が容易となる。また、その逆に、最大振動のシフト点が決まれば、前段回転伝導手段等に必要な減速比を簡単に求めることができ、ロボットの関節装置を合理的に設計することができる。

【図面の簡単な説明】

第1図乃至第5図は本発明に係る産業ロボットの関節装置の第1実施例を説明する図であり、第1図はその全体概略説明図、第2図はその減速装置の一部断面図、第3図は第2図のIII-III矢視断面図、第4図は本発明に係る産業ロボットの関節装置の実施例および比較例の性能を説明する図、第5図は第4図に係る実施例の全体構成図、第6図は本発明の第2実施例を示すその要部断面図、第7図は第6図VII-VII矢視断面図、第8図は本発明の第3実施例を示すその要部断面図である。第9図は本発明に係る産業ロボットの関節装置を用いた産業ロボットの全体概念図、第10図は第9図の第1関節に用いた本発明の第4実施例の要部断面図、第11図は第9図の第2関節に用いた本発明の第5実施例の要部断面図、第12図は第9図の第2関節に用いた本発明の第6実施例の要部断面図である。

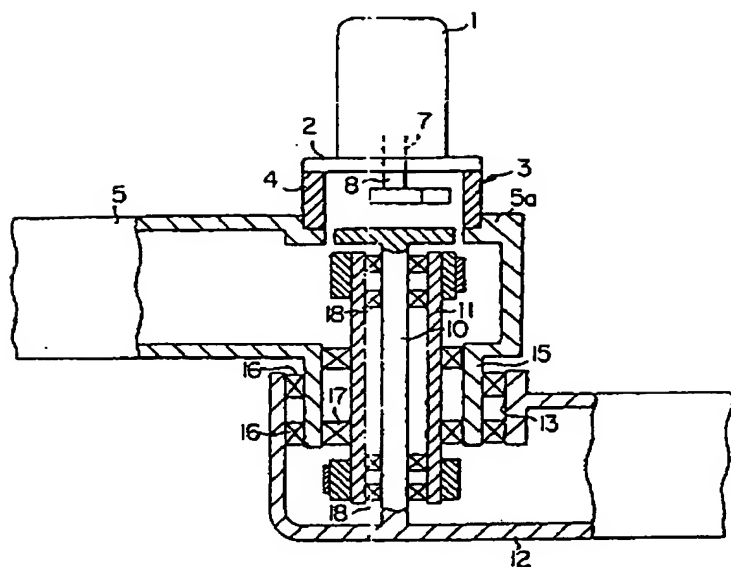
1……電動モータ、  
3、40、60、70、80、90……減速装置、  
5、71、81……第1アーム（第1部材）、  
12、73、83……第2アーム（第2部材）、  
20……前段減速機（前段回転伝導手段）、

(8)

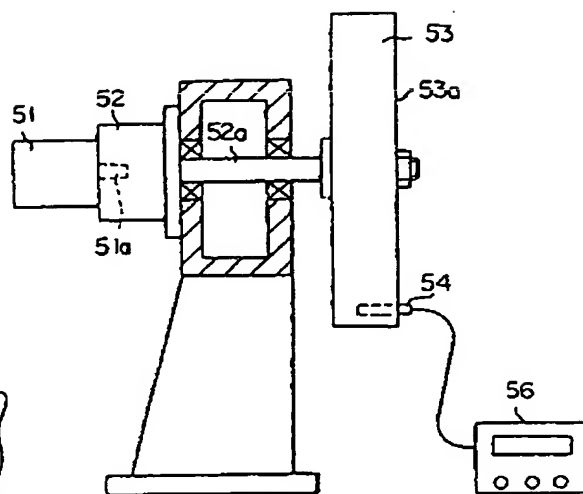
21……後段減速機（後段回転伝導手段）、  
28……内歯歯車、

29……外歯歯車、  
30……入力クランク軸（カム軸）。

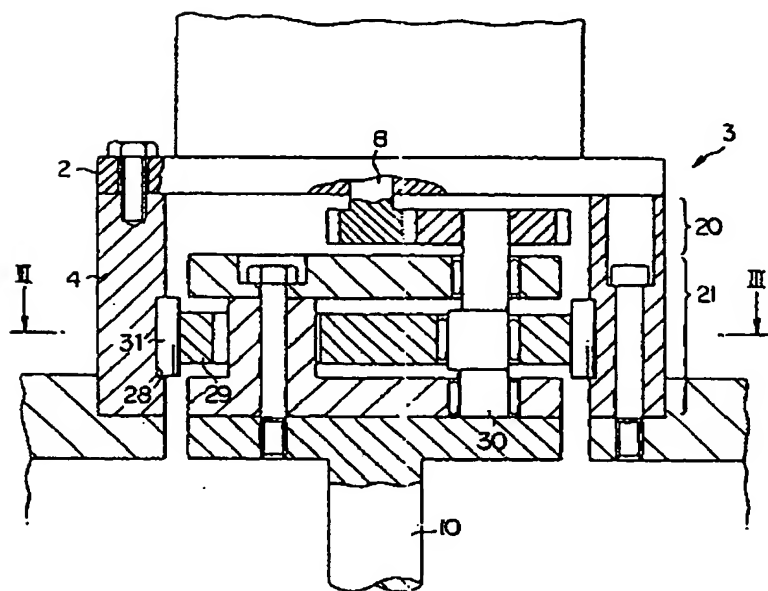
【第1図】



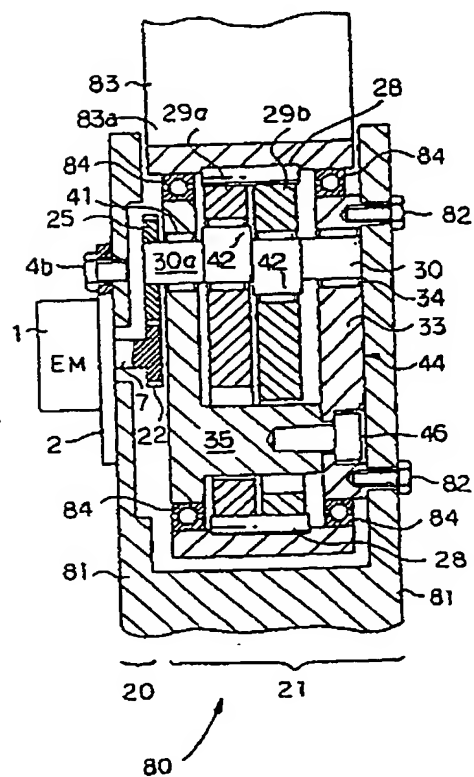
【第5図】



【第2図】



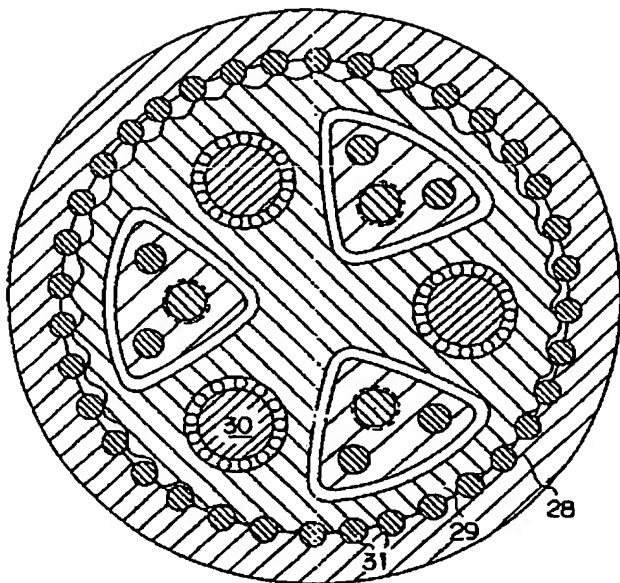
【第11図】



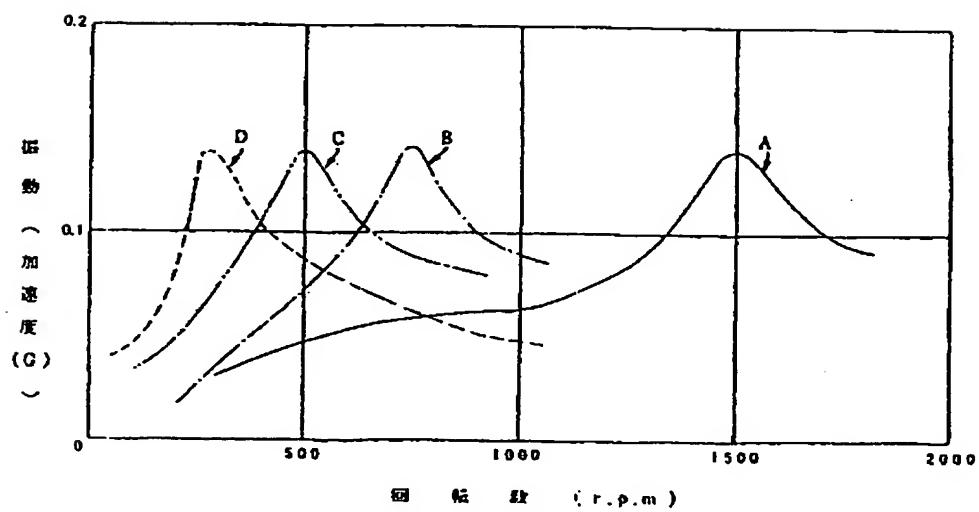


(9)

【第3図】

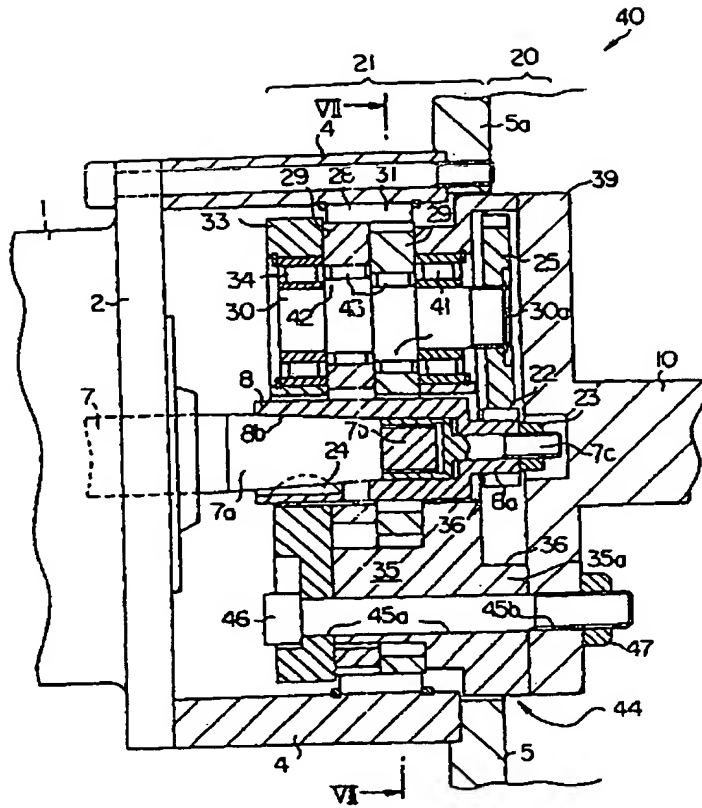


【第4図】

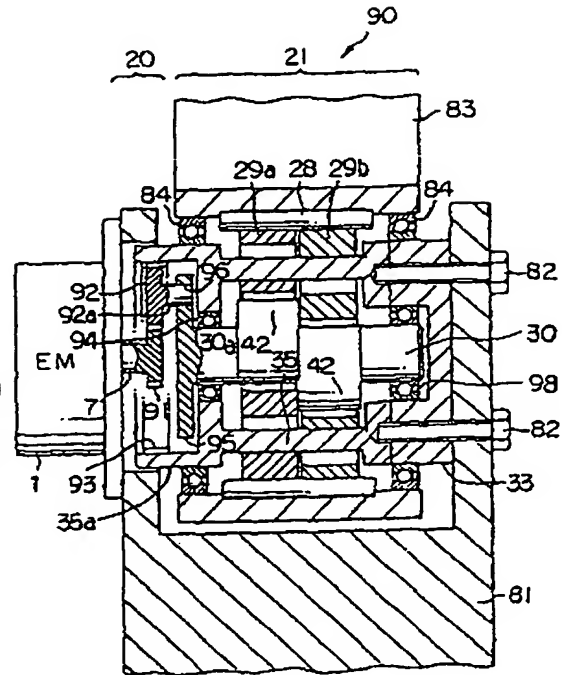


(10)

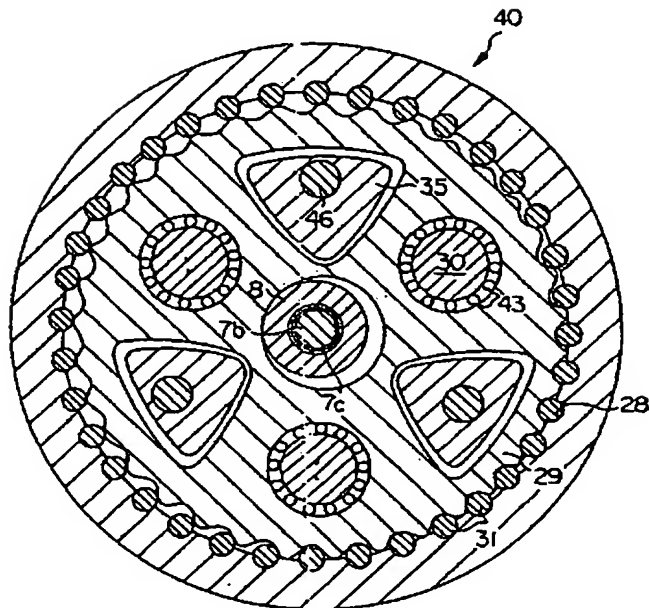
【第6図】



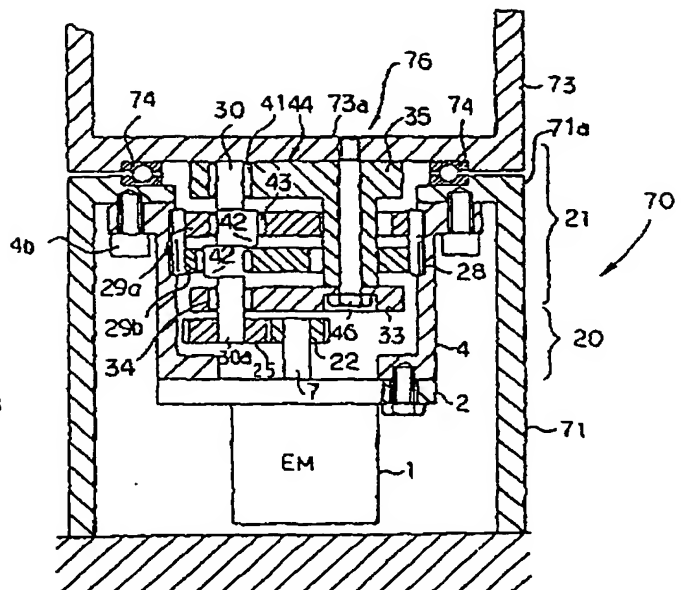
【第12図】



【第7図】

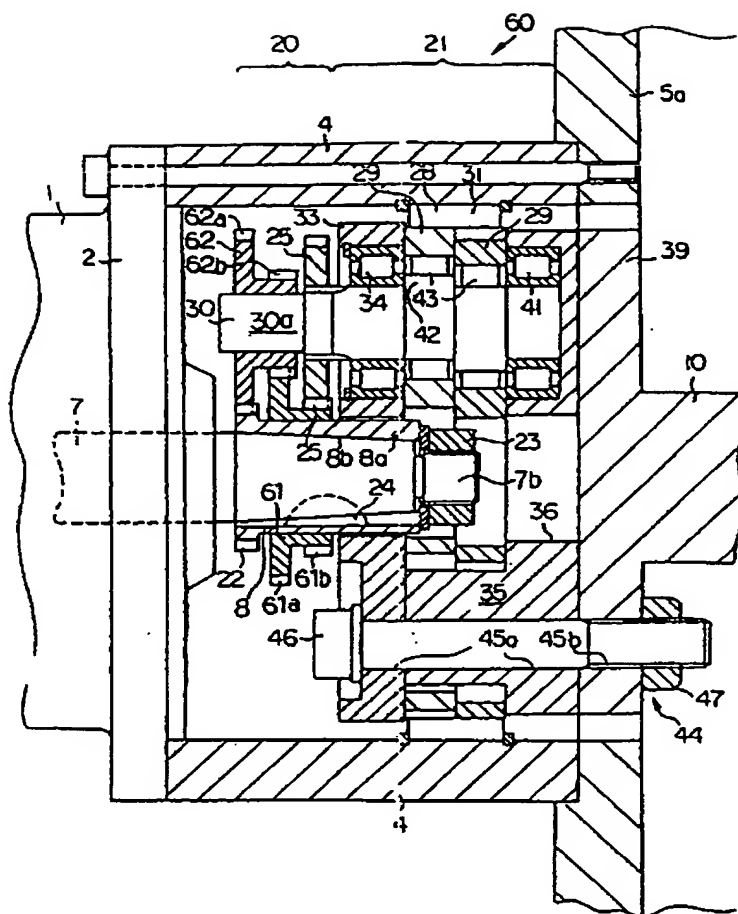


【第10図】



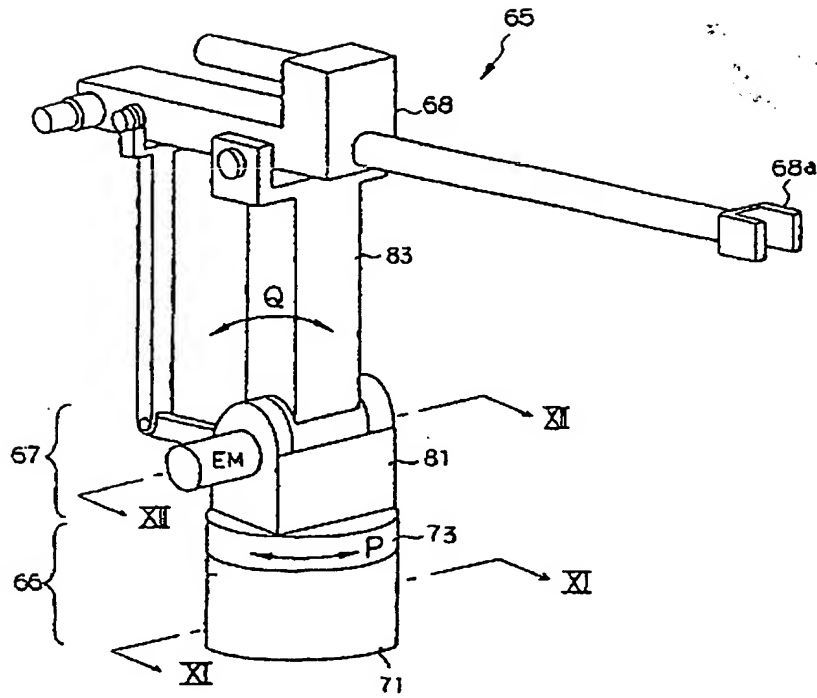
(11)

【第8図】



(12)

【第9図】



フロントページの続き

- (56) 参考文献 特開 昭56-39341 (J P, A)  
 特開 昭57-121490 (J P, A)  
 特開 昭58-211881 (J P, A)  
 特開 昭56-16953 (J P, A)